

# Mogelijke invloed van de aanwezigheid van stenen op regelmatig toegepaste technieken.

## 1. Inleiding:

De aanwezigheid van stenen in de ondergrond kan aanleiding geven tot problemen bij een aantal regelmatig toegepaste technieken omdat:

- de vooropgestelde rendementen of produkties niet kunnen gehaald worden
- bepaalde technieken alleen mits bijkomende ingrepen kunnen worden toegepast
- bepaalde technieken helemaal niet kunnen worden toegepast.

In veel gevallen komt het dan tot een discussie tussen de verschillende bij het projekt betrokken partijen omdat het niet mogelijk blijkt om een éénduidig antwoord te geven op de volgende vragen:

- was de aanwezigheid van de stenen te voorzien?
- waren de vooropgestelde uitvoeringstechnieken wel aangewezen?
- was het rendementsverlies of waren de nodige bijkomende maatregelen te voorzien?
- wie betaalt de supplementaire kosten?

In wat volgt zal in eerste instantie nader worden ingegaan op de mogelijke invloed van de aanwezigheid van stenen op de volgende activiteiten:

- het aanleggen van bouwputten;
  - o grondwaterverlaging
  - o grondverzet
- het aanbrengen van diepe funderingen
- het aanbrengen van beschoeiingen
- het boren van tunnels.

Daarna zal even worden uitgewijd over de contractuele en financiële aspecten ingeval er stenen worden aangetroffen in de ondergrond. Zoals op veel andere gebieden geldt hier evenwel ook de regel dat voorkomen beter is dan genezen.

## 2. Grondwaterverlaging:

Bij het doorvoeren van een grondwaterverlaging kan de aanwezigheid van stenen aanleiding geven tot problemen wanneer:

- de plaatsing van de bemalingselementen (filters en/of bemalingsputten) bemoeilijkt wordt,
- de grondwaterstroming naar de filterelementen in een belangrijke mate wordt verstoord door de aanwezige stenen.

Als gevolg van de aanwezigheid van stenen komt het regelmatig voor dat verticale bemalingsfilters niet met een gewone handlans kunnen worden geplaatst. Het noodgedwongen inzetten

van een boormachine voor de plaatsing van deze filters maakt een gewone bemaling dan snel enkele malen duurder.

Ook de plaatsing van dieptebronnen kan in een belangrijke mate worden bemoeilijkt door de aanwezigheid van stenen. Zo is het aanbrengen van dieptebronnen in een grindlaag in het algemeen slechts mogelijk mits het inzetten van speciale boorapparatuur en boortechnieken.

Het inbouwen van een dieptebron in een niet verbuisd boorgat, gerealiseerd volgens de spoelboormethode, kan problematisch worden wanneer er stenen of steenbrokken in het boorgat zijn gevallen. Dikwijls kan daar evenwel aan verholpen worden door het boorgat met een voldoende overdiepte uit te voeren.

Steenbanken of uitgestrekte versteende lagen kunnen de grondwaterstroming, naar de bemalingselementen of naar de bouwput toe, in een belangrijke mate beïnvloeden. Wanneer deze banken of lagen over de hoogte van de uitgraving voorkomen kan er juist boven deze banken of lagen een ongecontroleerde waterstroming naar de uitgraving toe plaats vinden (cfr.fig.1). Dergelijke situatie heeft zich voorgedaan bij de bouw van de Berendrechtssluis. De sleuven welke voorafgaandelijk aan de eigenlijke bouw werden gemaakt ten behoeve van het omleggen van een aantal leidingen, konden pas worden drooggemaakt na het aanbrengen van drains boven de stoorlagen, hoofdzakelijk bestaande uit versteende lagen (cfr.fig.2). Zoals bij gewone stoorlagen van klei, leem of veen kan het aanbrengen van zand- of grindpalen doorheen de stoorlagen in de meeste gevallen een adequate oplossing brengen. Men dient er zich dan wel van bewust te zijn dat wegens de aanwezigheid van de stenen het maken van deze zandpalen veel duurder zal uitvallen dan in geval van losse gronden. In sommige gevallen kan het aanbrengen van speciale bemalingselementen bv. vacuumbronnen of combi-vacuümbronnen eveneens een oplossing bieden.

In het algemeen en zeker wanneer er stenen voorkomen in de ondergrond, is het aangewezen om de bemalingsinstallatie een voldoende lange tijd op voorhand te plaatsen zodat er tijd beschikbaar is om de nodige maatregelen te treffen wanneer er zich problemen voordoen. Men moet er steeds mee rekening houden dat wanneer er slechts een zeer korte periode beschikbaar is voor het droogmaken van een bouwput, het treffen van bijkomende maatregelen ( boren van bijkomende bronnen of aanbrengen van zandpalen ) altijd veel omslachtiger zal zijn en veel duurder zal uitvallen.

Een bijzondere situatie doet zich voor wanneer retourbemaling wordt toegepast. Door de gelaagdheid van de grond kan het geretourneerde water dan sneller naar de bouwput stromen en wordt het rendement van de retourbemaling beperkt (cfr.fig.3). Dergelijke situatie heeft zich voorgedaan bij de

uitbreiding van de ondergrondse parking op het Zand te Brugge. Een groot gedeelte van het geretourneerde water stroomde boven een steenbank naar de bouwput. Om wateruittrede uit het talud te voorkomen diende het retourdebiet te worden beperkt.

### 3. Grondwerken:

Wanneer stenen worden aangetroffen bij het uitvoeren van grondwerken zal de ondervonden hinder in een belangrijke mate worden bepaald door de mogelijkheid om zwaarder materieel in te zetten. Bij algemene uitgravingen over een zeer grote oppervlakte vormen stenen of steenbanken meestal slechts een beperkte hinder. Wanneer de stenen niet meer kunnen worden opgenomen of stukgemaakt door het graafwerktuig, zal er een breekhamer dienen te worden aangevoerd. De meerkosten blijven in dergelijke gevallen evenwel vrij beperkt.

De aanwezigheid van stenen kan eveneens problemen stellen met betrekking tot de herbruikbaarheid van uitgegraven gronden. Voor belangrijke ophogingen wordt in het algemeen gesteld dat de afmetingen van de verwerkte stenen maximaal 60 cm of de helft van de aangebrachte laagdikte mag bedragen. Indien er bv. moet worden aangevuld in lagen van 30 cm dikte wil dit zeggen dat de afmeting van de verwerkte stenen niet meer dan 15 cm mag bedragen. In de meeste gevallen zal het dan nodig zijn om de opgegraven stenen voorafgaandelijk te verkleinen of te verwijderen.

Bij uitgravingen binnen een beperkte ruimte, bv. bouwkuipen, beschoeide sleuven, ..., kan het wegnemen van stenen en steenbanken zeer omslachtig worden omdat er geen zwaar materieel kan worden ingezet. Het wegnemen van de stenen is dan meestal zeer omslachtig en tijdrovend. De meerkosten die daaruit voortvloeien kunnen zeer belangrijk zijn.

Bij het uitgraven van sleuven voor het aanleggen van rioleringen of leidingen wordt er zeer dikwijls gewerkt met beschoeiingsplaten voor het tijdelijk ondersteunen van de wanden van de sleuf. Deze beschoeiingsplaten worden dan mee op diepte gebracht naarmate de sleuf wordt uitgegraven. Wanneer er stenen in de ondergrond voorkomen zal het op diepte brengen van deze beschoeiingsplaten veel moeizamer verlopen. Verder wordt het wegnemen van de stenen bemoeilijkt door de aanwezigheid van de tijdelijke beschoeiing. Wanneer de stenen gedeeltelijk buiten het theoretisch profiel van de sleuf gelegen zijn zal het wegnemen ervan leiden tot een ontspanning van de grond en kunnen er holten ontstaan achter de beschoeiingsplaten. Wanneer deze holten niet volledig worden opgevuld bij het aanvullen van de sleuf kunnen er na verloop van tijd verzakkingen ontstaan.

Een speciale situatie doet zich voor wanneer het weggraven van de grond onder water plaatsvindt, bv. bij baggerwerken of

bij het afzinken van caissons. Bij het wegbaggeren van overwegend zandige gronden wordt er zeer dikwijls gerekend op het ontstaan van een natuurlijk talud en op een gravitaire toestroming van het zand. Wanneer er in het weg te baggeren zandmassief steenbanken voorkomen kunnen deze een wapening van het grondmassief vormen waardoor de gravitaire toestroming van het zand niet meer plaats vindt. In het algemeen is het dan nodig om over te schakelen op een andere techniek waarbij bv. de grond wordt losgesneden met een cutterwiel of waarbij de grond mechanisch wordt weggenomen d.m.v. een back hoe dredger. Dergelijke overschakeling heeft een zeer belangrijke impact op de gerealiseerde rendementen en als gevolg daarvan op de kostprijs van de uitgevoerde werken. Dergelijke problemen hebben zich ondermeer voorgedaan bij de verbreding van het kanaal Gent-Brugge te Beernem en bij de bouw van de nieuwe sluis te Hingene.

Bij het afzinken van caissons kan de aanwezigheid van steenbanken aanleiding geven tot belangrijke problemen. Stenen welke zich onder de snijschoen bevinden dienen dan voldoende snel te worden opgemerkt om scheefzakken van de caisson te voorkomen. Het wegnemen van deze stenen verloopt in het algemeen zeer moeizaam. Verder moet er steeds voor gezorgd worden dat er zo weinig mogelijk materiaal voorbij de rand van de snij-schoen wordt weggenomen (cfr.fig.4). Dit om te voorkomen dat er via de aldus gecreëerde holten een doorslag zou kunnen plaatsvinden van de bentoniet-specie welke wordt aangewend om de wrijving op de buitenkant van de caisson te verminderen. In bepaalde gevallen kan het dan aangewezen zijn om de grond niet onder water weg te graven maar onder de bescherming van luchtdruk ( pneumatisch afzinken ).

#### 4. Paalfunderingen:

Het op diepte brengen van funderingspalen kan worden bemoeilijkt of onmogelijk gemaakt door de aanwezigheid van stenen. De hinder welke bij de plaatsing van palen kan worden ondervonden, wordt in een belangrijke mate bepaald door het gekozen paaltype en door de aard en de omvang van de stenen.

##### - Prefabpalen:

Het is in principe niet aangewezen om prefabbetonpalen te heien wanneer er stenen of steenbanken voorkomen in de ondergrond. De kans op paalbreuk is immers reëel wanneer de heiveerstand te groot wordt of wanneer de spanningen op de paalpunt zeer ongelijkmatig worden. In zekere mate kan daaraan worden verholpen door onderaan de paal een speciale punt te voorzien (cfr.fig.5). Dergelijke techniek wordt in de Scandinavische landen regelmatig toegepast wanneer prefab betonpalen doorheen weinig weerstandbiedende bovenlagen dienen te worden geheid tot in de onderliggende rots.

In veel gevallen is het niet zo eenvoudig om te voorspellen of de aanwezigheid van stenen zal aanleiding geven tot problemen. Zo blijkt het heien van prefabbetonpalen doorheen de zandsteenhoudende Brusseliaanse zanden in het algemeen best mee te vallen voor zover het voldoende zware palen betreft. De hardheid van de stenen bepaalt uiteraard in een belangrijke mate of ze kunnen worden stukgeheid.

Naast natuurlijk gevormde stenen treft men regelmatig ook stenen aan welke door de mens zijn aangebracht. Dit is bijvoorbeeld het geval bij stortplaatsen.

Zo werd vrij recentelijk nog een paalbreuk van 25% vastgesteld bij het heien van prefabbetonpalen doorheen een stort dat heel wat stenen en betonpuin bevatte. Opmerkelijk daarbij was dat er zich niet alleen bij de lichte palen (22 cm x 22 cm) een belangrijke paalbreuk heeft voorgedaan maar ook bij de zwaardere palen (35 cm x 35 cm). Ofschoon er geen enkele van de 7 vooraf uitgevoerde diepsonderingen was vastgelopen op een steen, kon uit het sondeerdiagramma duidelijk de aanwezigheid van harde insluitsels worden afgeleid (cfr.fig.6). Bij één van de gebroken palen werden er door IFCO metingen uitgevoerd. Daaruit kon worden afgeleid dat de paalbreuk werd ingeleid aan de paalpunt nadat deze zich reeds een paar meter onder de onderkant van het stort bevond. Naarmate er daarna verder werd geheid zette de paalbreuk zich verder door naar boven toe (cfr.fig.7).

#### - Stalen palen:

Stalen profielen kunnen meestal zonder problemen worden toegepast wanneer er stenen of steenbanken voorkomen in de ondergrond, althans voor zover er een voldoende zwaar profiel wordt gekozen. In Amerika wordt onderaan het H-profiel dikwijls een speciale hardstalen punt aangebracht om beschadiging van de paalpunt te voorkomen en aldus de indringing van de paal in de harde lagen te verbeteren.

Bij de bouw van een hooggefundeerde kaaimuur in de toegang tot de nieuwe sluis van Wijnegem waren aanvankelijk prefabbetonpalen voorzien. Omdat bij de uitvoering van een doorpersing was gebleken dat er stenen voorkwamen in de ondergrond, werd er beslist om deze prefabpalen te vervangen door stalen palen voor de kaaimuurmoten gelegen op een zekere afstand van de huizen en door in de grond geschroefde palen met volledige grondverdringing voor de kaaimuurmoten welke het dichtst bij de huizen gelegen waren. Bij het inheien van de vrij licht gekozen stalen profielen werden wat problemen ondervonden. Enkele profielen konden niet tot op de gewenste diepte worden geheid en een aantal profielen werden beschadigd.

Voor de fundering van de viadukt in de HSL te Lembeek werd geopteerd voor kokerpalen omdat de palen dienen te worden aangezet in of op de primaire sokkel. Wegens de subvertikale gelaagdheid van de sokkel werd er geoordeeld dat het aanwenden van gewone in de grond gevormde palen te veel risico's inhield i.v.m. de aanzet van de palen op de al of niet verweerde rotslagen (cfr.fig.8). Bij kokerpalen wordt een stalen buis met behulp van een inwendig valblok of met een stalen spil tot op de gewenste diepte geheid en daarna gevuld met beton. Eventuele beschadiging van de voerbuis t.g.v. intensief heien of een onregelmatig oppervlak van de rots heeft dan geen nadelige invloed op het draagvermogen van de paal.

Bij palen welke zagezagd op de bovenkant van de rots worden aangezet, dient steeds de nodige omzichtigheid aan de dag gelegd te worden. Dit is bijvoorbeeld het geval in het centrum van Halle, waar onder een eerste weerstandbiedende laag, waarschijnlijk bestaande uit verweerd primair materiaal, een minder draagkrachtige laag kan voorkomen (cfr.fig.9).

- Geheide, in de grond gevormde palen:

Het uitvoeren van in de grond gevormde palen ( met herwonnen voerbuis ) kan problematisch worden wanneer er stenen of steenbanken voorkomen in de ondergrond.

Wanneer de sterkte en de omvang van de stenen beperkt is kan men zich meestal verhelpen door met een inwendig valblok te heien of door het aanwenden van een heibuis met een grotere wanddikte en een zwaarder heiblok.

Wanneer de omvang en/of de hardheid van de stenen te groot is moet er worden overgestapt op een ander paalttype.

- Geschroefde in de grond gevormde palen:

In de grond gevormde palen met een herwonnen in de grond geschroefde voerbuis bieden het grote voordeel dat de uitvoering volledig trillingsvrij verloopt.

Wanneer de sterkte en de omvang van de stenen beperkt is kunnen dergelijke palen nog worden uitgevoerd op voorwaarde dat er gebruik wordt gemaakt van machines welke een voldoende groot koppel kunnen ontwikkelen. Zo werden er door de firma De Waal te Brussel dergelijke palen uitgevoerd in Brusseliaanse zanden welke heel wat stenen bevatten (cfr.fig.10).

Wanneer het niet meer mogelijk is om de stenen met een gewone voerbuis te doorboren, kan er worden voorgeboord met een voerbuis uitgerust met een speciale rotsboorpunt. Na het voorboren wordt dan op dezelfde plaats een paal uitgevoerd volgens de klassieke methode. Dergelijke uitvoeringswijze werd door Fundex toegepast te Wijnegem bij de bouw van een kaaimuur

in de toegang tot de nieuwe sluis. Dezelfde uitvoeringswijze werd ook toegepast bij de bouw van een nieuwe brug aan de Kruispoort te Brugge. Met behulp van een speciale voerbuis werden daar eerst voorboringen uitgevoerd doorheen oude funderingsmassieven. Daarna werden de palen op de klassieke wijze aangebracht (cfr.fig.11). Dergelijke ingrepen op de uitvoeringswijze hebben een belangrijke invloed op het rendement en vergen de inzet van speciaal materieel, hetgeen uiteraard altijd leidt tot een belangrijke verhoging van de kostprijs.

In een aantal gevallen is het helemaal niet mogelijk om de aanwezige stenen te doorboren. Dit is bijvoorbeeld het geval in de omgeving van de Markt van Tienen, waar op relatief geringe diepte omvangrijke stenen worden aangetroffen. Bij een bepaald project was een fundering met Atlaspalen voorzien. Om de aanwezigheid van stenen na te gaan is men ertoe overgegaan om een diepsondering uit te voeren ter plaatse van elke paal. Omdat het aantal vastgelopen sonderingen te belangrijk was heeft men het paaltype veranderd en is er overgestapt op geboorde palen met een grote diameter. Voor het wegbreken van de stenen werden explosieven aangewend.

#### - Geboorde palen:

Bij palen uitgevoerd met volledige wegname van de grond stelt het doorboren van stenen of steenbanken meestal geen grote technische problemen. Door het aanwenden van een speciale beitel of boor kunnen de stenen stuk worden gemaakt en daarna met een klassiek boorwerktuig verwijderd.

Het doorboren van stenen of steenbanken geeft wel steeds aanleiding tot belangrijke rendementsverliezen en als gevolg daarvan tot belangrijke meerkosten.

#### - Speciale paaltypes:

Bij sommige speciale paaltypes, bv. micropalen vormt de aanwezigheid van stenen in de ondergrond slechts een beperkte hinder. De destruktieve boring met beperkte diameter welke nodig is voor het realiseren van de paal kan in de meeste gevallen zonder noemenswaardige problemen worden uitgevoerd doorheen stenen of steenbanken.

Een andere mogelijke oplossing bestaat erin om dragende elementen te realiseren volgens de VHP-groutingmethode. Het volstaat dan eveneens om een destruktieve boring met beperkte diameter uit te voeren doorheen de stenen of steenbanken. De gerealiseerde groutkolommen sluiten dan volledig aan op de stenen (cfr.fig.12). Dergelijke uitvoeringswijze werd door Smet-Boring toegepast te Tienen.

## 5. Beschoeiing van bouwputten:

Het aanbrengen van de verticale beschoeiingswanden kan in een belangrijke mate worden bemoeilijkt door de aanwezigheid van stenen.

### - Damplanken:

Damplanken worden zeer veel gebruikt als tijdelijke beschoeiing van bouwputten. Deze damplanken hebben dan in het algemeen zowel een grondkerende als een waterkerende functie. Door de aanwezigheid van stenen, kan het op diepte brengen van de damplanken worden bemoeilijkt of onmogelijk gemaakt. Verder bestaat er een reëel gevaar dat bij zwaar heilwerk de klauwen van de damplanken uit het slot gaan, waardoor de waterkerende functie van de damwand niet meer kan worden vervuld. Damplanken waarvan de klauwen uit het slot gesprongen zijn kunnen in veel gevallen niet meer worden getrokken. Het in de grond achterlaten van deze planken leidt tot een belangrijke toename van de kosten.

Door beroep te doen op speciale technieken, zoals voorboren ter plaatse van de klauwen, aanwenden van slotverklikkers, lansen, ..., is het mogelijk om het risico op het uit het slot lopen en op beschadiging van de damplanken te beperken. Bij een werf aan de sluizen van Lannaye werd door het uitvoeren van diafragieboringen de aanwezigheid van silexstenen onderkend. Voor het maken van een bouwkuip heeft Franki eerst voorboringen met grote diameter uitgevoerd en gevuld met bentoniet-cement. De damplanken werden daarna in de bentoniet-cement geplaatst.

Wanneer de damplanken alleen een grondkerende functie moeten vervullen zijn de risico's veel geringer dan wanneer de damplanken ook een waterkerende functie moeten vervullen. In het laatste geval moet men er zich terdege van bewust zijn dat, wanneer er zich bij het uitgraven van de bouwput een doorslag voordoet, het herstellen ervan meestal een zeer tijdrovende en dure aangelegenheid zal zijn.

Als algemene regel kan worden gesteld dat wanneer er stenen voorkomen in de ondergrond het aanwenden van damplanken met de nodige omzichtigheid zal moeten plaats vinden. Zelfs wanneer alle mogelijke voorzorgen worden getroffen zal men nooit de zekerheid hebben dat de uitvoering probleemloos zal verlopen. Verder moet men er altijd rekening mee houden dat damplanken belangrijke afwijkingen kunnen vertonen wanneer ze doorheen steenlagen worden geheid. Er kunnen zich belangrijke problemen voordoen wanneer afgeweken damplanken binnen het gabarriet van de op te richten konstruktie of van de aan te brengen palen vallen (cfr.fig.13).



- Slibwanden:

Zoals bij boorpalen stelt het wegnemen van stenen of steenbanken geen bijzondere technische problemen. De rendementsverliezen welke eruit volgen hebben evenwel reeds dikwijls aanleiding gegeven tot belangrijke schadeclaims.

Bij formaties zoals het Brusseliaans zand of het Panesiliaan Plc, waarin soms verschillende steenbanken voorkomen met geringe tussenafstanden, kan het wegnemen van de stenen soms bijzondere problemen stellen omdat de beitels welke worden aangewend voor het stukslaan van de stenen weinig efficiënt blijken te zijn. Het wegnemen van stenen heeft meestal voor gevolg dat de slibwanden na het uitgraven een onregelmatig oppervlak vertonen. Wanneer de maatvoering van de slibwanden belangrijk is dienen deze aanwassen te worden verwijderd; dit geeft uiteraard ook aanleiding tot meerkosten.

Voor slibwanden welke ook een waterkerende functie moeten vervullen wordt er in het algemeen best een speciaal voegsysteem gebruikt, bv. CWS-voeg of gelijkwaardig. Dit is zeker het geval wanneer er stenen kunnen voorkomen in de ondergrond.

Bij de uitvoering van slibwanden aan het kruispunt van de Gistelsteenweg met de expresweg naar Zeebrugge werden heel wat problemen ondervonden door de aanwezigheid van zandstenen in het Paniseliaan, dit ondanks het feit dat op deze plaats een redelijk groot aantal diepsonderingen doorheen deze steenlagen konden worden uitgevoerd (cfr.fig.14). Dit kan op het eerste zicht verwonderlijk lijken. Men moet daarbij evenwel rekening houden met het feit dat stenen, welke een druksterkte hebben die groter is dan 15 N/mm<sup>2</sup> normaal gezien allen maar kunnen verwijderd worden door verbrijzeling en niet door afschrappen. Bij het uitvoeren van diepsonderingen kan op de konuspunt een belasting worden uitgeoefend welke veel groter is dan deze welke normaal gezien met de tanden van een graafbak of met een beitel wordt uitgeoefend. Het is daarom niet zo verwonderlijk dat er bij het uitgraven van slibwanden regelmatig problemen worden ondervonden in lagen waarin sonderingen kunnen worden uitgevoerd.

- Beschoeide sleuven:

Bij het uitvoeren van beschoeide sleuven vormt de aanwezigheid van stenen meestal een dubbel probleem, namelijk bij het realiseren van de grondwaterlaging en bij het uitgraven van de sleuf. Doordat de stenen moeten worden weggegraven in een zeer beperkte ruimte geeft dit altijd aanleiding tot belangrijke meerkosten. Bij het weggraven van de stenen ontstaan er systematisch afwijking van het theoretisch profiel. Daardoor kan het plaatsen van de beschoeiingsplaatjes nogal eens worden bemoeilijkt. Om latere zettingen te voorkomen is het aangewezen

om de aldus ontstane holten op te vullen door middel van injecties welke na het betonneren van sleuf worden uitgevoerd.

Wanneer meerdere steenbanken voorkomen in de ondergrond dient de uitvoering van beschoeide sleuven te worden toevertrouwd aan ervaren personeel, dat de nodige zorg besteedt aan de plaatsing van prefab beschoeiingselementen. Indien dit niet het geval is ontstaat er gevaar voor instabiliteit van bepaalde plaatjes en voor de beschoeiing van de sleuf in zijn geheel.

#### - Berlijnse wanden:

Zoals bij beschoeide sleuven kan de aanwezigheid van stenen aanleiding geven tot problemen bij de grondwaterverlaging en bij de uitvoering van de wand.

Wanneer er stenen voorkomen in de grond worden de profielen het best geplaatst in een vooraf gemaakt boorgat, dit teneinde de vertikaliteit ervan te kunnen verzekeren. Bij het weggraven van de grond ontstaan er tengevolge van het wegnemen van de stenen regelmatig overdiepten t.o.v. het theoretisch profiel. Deze overdiepten moeten zo goed mogelijk terug worden aangevuld nadat de beschoeiingsbalken werden geplaatst, dit teneinde te voorkomen dat er zettingen ontstaan t.g.v. het dichtvallen van achtergelaten holten. Het achtervullen van deze beschoeiingsbalken stelt geen technische problemen maar is wel zeer tijdrovend en werkt daardoor kostprijsverhogend.

Wanneer er stenen voorkomen in de grond is het meestal aangewezen om een beschoeiing met spuitbeton te realiseren. Het recupereren van de stalen profielen is dan niet mogelijk.

#### - Vernageling:

Ten aanzien van de hierboven besproken beschoeiingstechnieken biedt vernageling het grote voordeel dat de uitvoering ervan slechts in een beperkte mate wordt beïnvloed door de aanwezigheid van stenen. Het is dan wel nodig om voorafgaandelijk een reeks verticale ondersteuningselementen aan te brengen, meestal onder de vorm van groutkolommen.

## 6. Het boren van tunnels:

Voor het aanleggen van kollektoren en andere ondergrondse verbindingen wordt er de laatste jaren meer en meer beroep gedaan op de boormethode. De daarvoor aangewende technieken hebben sinds de eerste toepassingen in de jaren 70 een geweldige evolutie gekend waardoor het mogelijk is geworden om de boortechniek toe te passen in bijna alle mogelijke grondgesteldheden.

In bepaalde gevallen kan de aanwezigheid van stenen in de ondergrond toch voor heel wat problemen zorgen. Dit is vooral het geval wanneer de stenen zich niet volledig in een stijve matrix bevinden. Onder invloed van de grote krachten die nodig zijn om de stenen te breken of stuk te maken kunnen deze verplaatst worden. Als gevolg daarvan kunnen er dan buiten het theoretisch boorprofiel holten ontstaan.

Een ander probleem dat zich voordoet bij het doorboren van steenhoudende gronden is dat de grond in de boorkamer, welke uit een mengsel van grond en stenen bestaat, niet gelijkmatig wordt uitgevoerd. Na verloop van tijd kunnen er zich dan stenen ophopen in de boorkamer waardoor er een rendementsverlies ontstaat. In het slechtste geval kunnen er ook instabiliteiten ontstaan aan het boorfront. Ofschoon er daaromtrent heel wat onderzoek wordt uitgevoerd moet er toch gesteld worden dat er nog geen enkel schildtype bestaat dat in alle mogelijke grondgesteldheden optimaal kan functioneren. Wanneer er een horizontale boring moet worden uitgevoerd in steenhoudende gronden is het dus aangewezen om de ervaring van uitvoerende firma terdege in rekening te brengen.

Verder moet men zich er toch ook van bewust zijn dat de zettingen welke steeds met dergelijke uitvoeringen gepaard gaan, aanzienlijk groter kunnen zijn bij heterogene gronden dan bij homogene gronden. Dit houdt dus in dat men bij het vastleggen van de toelaatbare zettingen rekening moet houden met de aard van de ondergrond.

Zo hebben er zich vorig jaar belangrijke problemen voorgedaan bij de uitvoering van een onderdoorpersing onder het kanaal Gent-Brugge te Oostkamp. In het verslag van de boringen uitgevoerd ter plaatse van de vertrek- en aankomstput werd melding gemaakt van enkele zandsteenbrokken en zandsteenbrokjes. T.p.v. de aankomstput diende een boring te worden stopgezet omdat de steenbank niet te doorboren was volgens de klassieke droogboormethode.

Voor de vertrekput was een beschoeiing met damplanken voorzien. Omdat het op diepte heien van de damplanken onmogelijk was, werd de bouwput onder talud uitgegraven en gedeeltelijk terug aangevuld na het plaatsen van de damplanken en van de schoringen. Bij het uitgraven van de bouwput werden over een hoogte van 3 meter massieven in zandsteen aangetroffen. Daarbij werden stenen van meer dan 0,5 m<sup>3</sup> (cfr. fig. 16) bovengehaald.

De aankomstput is uitgevoerd als een afgezonken caisson met een inwendige diameter van 4 meter. Bij het op diepte brengen ervan hebben er zich eveneens belangrijke problemen voorgedaan omdat er belangrijke steenmassieven dienden te worden weggebroken.

De onderdoorpersing tenslotte diende te worden stopgezet nadat er ca 4 meter was geboord. Ofschoon het snijrad werd uitgerust met enkele speciale tanden om het doorboren van de steenbanken mogelijk te maken bleek het niet mogelijk om de aanwezige massieven in zandsteen te doorboren. De onderdoorpersing zal binnenkort worden hervat met een installatie geschikt voor het doorboren van rotsmassieven. Uit proeven op monsters ontnomen op de werf is immers gebleken dat de druksterkte van de zandstenen varieert tussen 32,8 en 117  $\frac{N}{mm^2}$ .

Het feit dat de zandsteen massieven op twee plaatsen zonder noemenswaardige problemen konden doorboord worden, doet de vraag oprijzen of er momenteel geen al te zwaar materieel wordt ingezet voor het uitvoeren van onderkenningsboringen. Het is ontegensprekelijk dat het veel moeilijker is om gedetailleerde waarnemingen uit te voeren wanneer er met zwaar materieel wordt geboord dan wanneer er wordt geboord met licht materieel waarmee zonder de nodige omzichtigheid de vooropgestelde diepte niet kan worden bereikt.

Het ware in ieder geval aangewezen dat er voor het uitvoeren van onderkenningsboringen in zandsteenhoudende formaties zoals het Paniseliaan eens zou worden gezocht naar boortechnieken waarmee de aanwezigheid van zandsteenbanken nauwkeuriger kan worden onderkend. Deze kunnen bestaan uit bv. het aanwenden van minder scherpe boorwerktuigen... .

## 7. Problemen t.g.v. vroegere ontginning van stenen:

Op een aantal plaatsen werden vroeger stenen ontgonnen. Dit is te Brussel op veel plaatsen het geval.

- Ontginning in open bouwput:

Wanneer de stenen zich op een redelijke diepte onder het grondoppervlak bevonden werden deze gewoon in een open bouwput uitgegraven. In veel gevallen werden alleen de stenen ontgonnen en werd er met het bovenliggende zand terug aangevuld. Aldus worden in de omgeving van Brussel op verschillende plaatsen zones aangetroffen met zeer losgepakt zand over een aanzienlijke hoogte.

Niet al te zettingsgevoelige konstrukties kunnen in dergelijke gevallen gefundeerd worden op in de grond gevormde palen met een verbrede voet welke aan de onderkant van de aanvulling worden aangezet. Dergelijke fundering werd onlangs nog gerealiseerd door Franki (cfr. fig.17). Na het maken van de paal en van de verbrede voet werd tussen de palen een aanzienlijke verhoging van de konusweerstand vastgesteld.

- Ontginning via galerijen:

Aan de randen van het Middeleeuwse Brussel werden op tal van plaatsen zandstenen ontgonnen uit het Lediaan en het Brusseliaan. Daarvoor werden heel wat galerijen gemaakt. Sommigen ervan werden terug opgevuld. De meeste zijn evenwel gewoon blijven bestaan.

Daar de inplanting van deze galerijen nooit duidelijk werd genoteerd kan de ligging ervan thans nog maar moeilijk worden achterhaald. De zones waarin dergelijke galerijen kunnen voorkomen werden gelokaliseerd door Camerman.

Er kunnen zich problemen voordoen wanneer de ondersteuning van deze galerijen het begeeft. Wanneer er aan het oppervlak een leemlaag voorkomt is het lang niet zeker dat een dergelijke instorting zich aan het maaiveld zal manifesteren. Het is evenwel duidelijk dat het niet aangewezen is om op dergelijke plaatsen konstrukties op te richten.

Een dergelijke situatie werd bv. aangetroffen bij de Clinique St. Michel te Brussel (cfr. sond. fig.18). Bij het oprichten van een gebouw is het dan nodig om de nog bestaande galerij zo goed mogelijk op te vullen en om de fundering van het gebouw op een voldoende diepte, in ieder geval onder de beïnvloede zone aan te zetten.

## 8. Contractuele en financiële aspecten:

Uit het voorgaande blijkt dus dat er genoeg technische hulpmiddelen bestaan om aan de aanwezigheid van stenen te verhelpen. Zoals reeds eerder is aangegeven heeft de aanwezigheid van deze stenen dikwijls voor gevolg dat een aantal regelmatig toegepast technieken alleen maar met een verminderd rendement of mits bijkomende ingrepen kunnen worden toegepast. Een direkt gevolg daarvan is altijd een verhoging van de kostprijs.

Wanneer het op voorhand geweten is dat er stenen voorkomen in de ondergrond, is de eenvoudigste oplossing om voor de hinder welke deze stenen zullen teweegbrengen, een aparte post te voorzien in het bestek, bv. meerprijs per m<sup>3</sup> voor het wegbreken van stenen in beschoeide sleuven ... . Het nadeel van een dergelijke oplossing ligt dan in het feit dat de omvang van deze post moeilijk kan worden begroot. Dit wordt momenteel door heel wat bouwheren zeer slecht onthaald. Wegens de meer en meer toegepaste budgetcontroles wenst men de volledige kostprijs onmiddellijk na de aanbesteding of prijsvraag te kennen. Als gevolg daarvan worden dergelijke aparte posten meer en meer achterwege gelaten en worden de risico's i.v.m. de nadelige gevolgen van de aanwezigheid van stenen aldus op de

uitvoerders (hoofdaannemer en onderaannemers) gelegd. Dergelijke evolutie is op technisch, commercieel en deontologisch vlak ongelukkig te noemen. Het gevolg ervan is dat bepaalde aannemers zich ertoe laten verleiden zeer grote risico's te nemen om toch maar bepaalde werken te kunnen binnenhalen. Wanneer tijdens de uitvoering dan blijkt dat de omvang van de problemen zeer sterk onderschat werd, volgen er langdurige discussies, welke in sommige gevallen door de rechtbank beslecht worden.

Een gans andere situatie doet zich voor wanneer er tijdens de uitvoering van een bepaald werk stenen worden aangetroffen en het niet à priori duidelijk is of de aanwezigheid van deze stenen kon worden voorzien. Er zijn talrijke voorbeelden gekend van plaatsen waar diepsonderingen zonder noemenswaardige problemen tot op een zeer grote diepte konden worden uitgevoerd en waar bv. tijdens de uitvoering van slibwanden toch grote hoeveelheden stenen werden boven gehaald en als gevolg daarvan belangrijke problemen werden ondervonden. Wanneer men te maken heeft met lagen waarin de aanwezigheid van stenen gekend is, stelt men zich telkens weer de vraag; had de aannemer deze problemen moeten of kunnen voorzien?

Het geven van een antwoord op deze vraag wordt in veel gevallen sterk bemoeilijkt door het feit dat er geen duidelijkheid bestaat i.v.m. de rechtsgeldigheid van de funderingsadviezen welke zijn opgenomen in de rapporten van het grondonderzoek.

Het is een algemene gewoonte om in de rapporten, waarin de resultaten van het grondonderzoek worden medegedeeld, ook een algemeen funderingsadvies op te nemen. Dit advies wordt in de meeste gevallen alleen opgesteld op basis van de verkregen resultaten. Slechts in een beperkt aantal gevallen wordt er een geologische interpretatie van deze resultaten gegeven of wordt er nagegaan of de verkregen resultaten wel representatief zijn voor de ter plaatse aangetroffen formaties. Deze situatie is erg tweeslachtig. Er wordt een advies gegeven zonder dat ervoor betaald wordt. Welk belang mag er dan aan een dergelijk advies worden toegekend?

Het komt bijvoorbeeld regelmatig voor dat de opsteller van het rapport in het funderingsadvies een fundering op palen voorstelt, maar er niet bij vermeldt dat er in de ondergrond stenen kunnen voorkomen welke de plaatsing van deze palen kunnen bemoeilijken. De vraag stelt zich dan of in de huidige kontekst de opdrachtgever, het studiebureau en de aannemer(s) nog opmerkingen of voorbehoud moeten maken i.v.m. mogelijke problemen bij het op diepte brengen van de palen t.g.v. de aanwezigheid van deze stenen.

Het ware in ieder geval aangewezen om zo snel mogelijk een duidelijke situatie te creëren i.v.m. de rechtsgeldigheid van

het funderingsadvies dat met de resultaten van het grondonderzoek wordt overgemaakt. Het zou toch voor iedereen duidelijk moeten zijn dat dergelijk, meestal gratis verstrekt funderingsadvies, voor belangrijke projekten onvoldoende is. Voor belangrijke projekten zou er systematisch een geotechnische studie moeten worden uitgevoerd die bestaat uit:

- het verzamelen van bestaande gegevens (bestaand grondonderzoek, de gegevens van geologische kaarten, grondmechanische kaarten...)
- voorstel i.v.m. het uit te voeren grondonderzoek
- interpretatie en bespreking van de resultaten van het grondonderzoek
- begeleiding van de funderingsstudie.

Het uitvoeren van dergelijke geotechnische studies zal wellicht in eerste instantie kostprijsverhogend werken. Door een vermindering van de problemen tijdens de uitvoering en van de daaruitvolgende geschillen moeten er uiteindelijk zeker belangrijke besparingen verkregen worden.

Een ander standpunt kan erin bestaan om te stellen dat de architect of de stabiliteitsingenieur in globo verantwoordelijk blijven voor het volledige ontwerp en dat het tot hun taak behoort om alle verstrekte informatie te controleren, dit wil dus zeggen: ook de adviezen verstrekt naar aanleiding van het overmaken van de resultaten van het grondonderzoek. Indien zij zelf niet over de nodige kennis of know how beschikken kunnen ze steeds een beroep doen op specialisten of kan een controlebureau worden ingeschakeld. Ter ondersteuning van dit standpunt kan worden gesteld dat alleen de architect en/of de stabiliteitsingenieur over alle elementen i.v.m. een bepaald ontwerp beschikken en dat daarom zij alleen verantwoordelijkheid kunnen dragen.

Het zou in ieder geval goed zijn dat er in verband met deze zaken eens duidelijkheid wordt gebracht.

## 9. Besluit:

Het is duidelijk dat er bij het uitvoeren van werken in de ondergrond altijd onbekenden kunnen blijven, zelfs wanneer men vooraf een uitgebreid grondonderzoek en een geotechnische studie heeft uitgevoerd. De problemen welke eruit voortvloeien zullen evenwel des te gemakkelijker kunnen worden opgelost naarmate er een openheid gecreëerd wordt en er wordt gestreefd naar een samenwerking tussen opdrachtgever en aannemer(s). In dergelijk klimaat is het voor alle partijen zeker zinvol om te investeren in een beter grondonderzoek en in doorgedreven geotechnische studies. Het daaraan uitgegeven geld kan dan bespaard worden op overbodig geworden discussies en geschillen.

Deze situatie is in ieder geval te verkiezen boven de thans veel voorkomende situatie waarbij de opdrachtgevers ernaar streven om alle risico's i.v.m. mogelijke onregelmatigheden in de ondergrond bij de aannemer te leggen en waarbij de aannemers ervan uitgaan dat ze de werken tegen een minimale prijs kunnen aannemen, om daarna het prijsniveau te verbeteren door elke onduidelijkheid in het bestek maximaal te benutten.

Er wordt dikwijls gesteld dat de funderingstechniek meer een kunst is dan een wetenschap. Dank zij de huidige stand van de techniek is het mogelijk om zeer mooie werken uit te voeren zelfs wanneer er stenen voorkomen in de ondergrond. Zoals bij alle kunst stelt zich hier ook het probleem dat mooie kunst soms onbetaalbaar is. Verder blijkt dat de bouwheren minder en minder gevoel hebben voor dergelijke vormen van kunst. Er zit dus niets anders op dan er verder naar te streven om de problemen i.v.m. de aanwezigheid van stenen in de ondergrond op een wetenschappelijke wijze te benaderen. Dit kan ondermeer door het ontwikkelen van methodes om de eventueel aanwezige stenen beter te onderkennen, het inventariseren van de plaatsen waar stenen werden aangetroffen en het op punt stellen van uitvoeringsmethodes welke minder door de aanwezigheid van stenen worden beïnvloed.

De in de tekst gebruikte informatie werd onder meer verstrekt door de heren F. De Cock (Franki), E. Dupont (Fundex), F. Poorteman (Palen De Waal) en L. Zeuwts (Smet-Boring), waarvoor oprechte dank.



Bouwput

Steenlaag

Drain

Fig. 1.

Fig. 2

Gelaagde grond

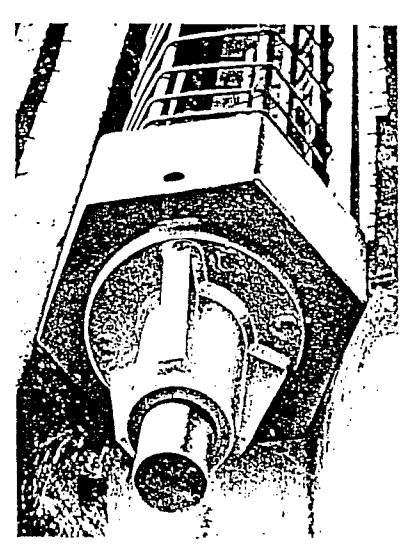
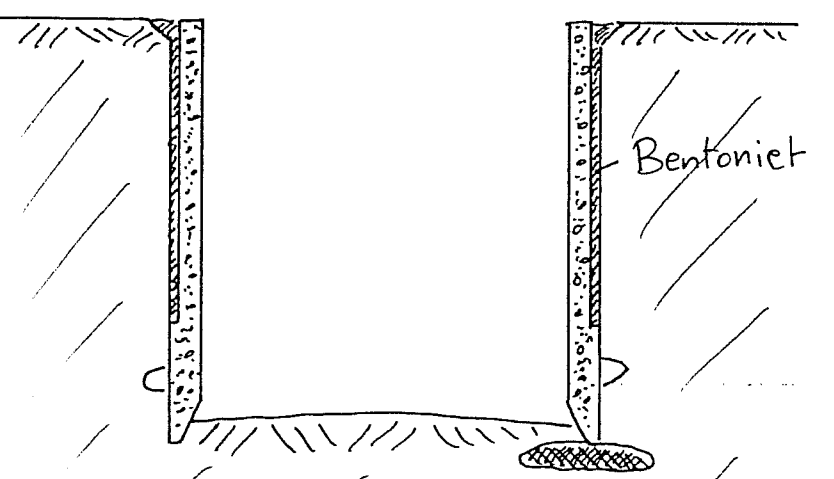
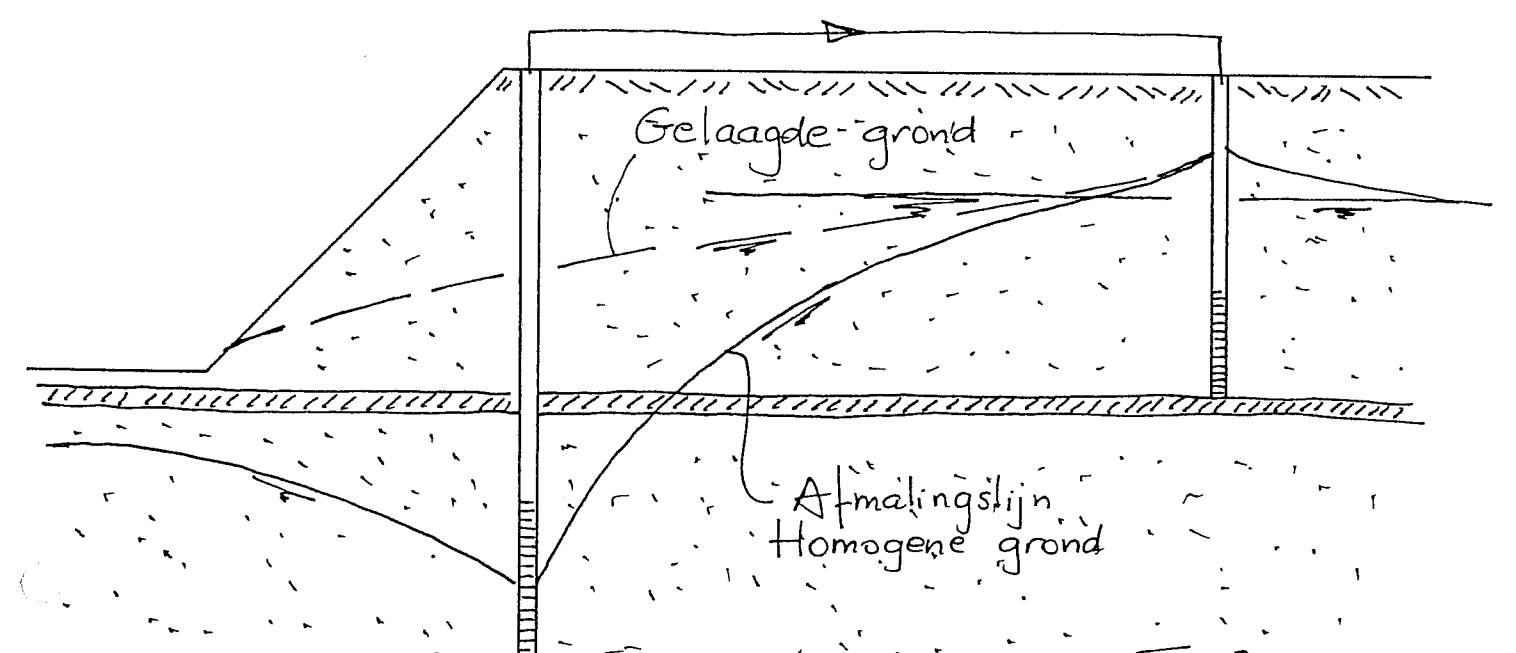
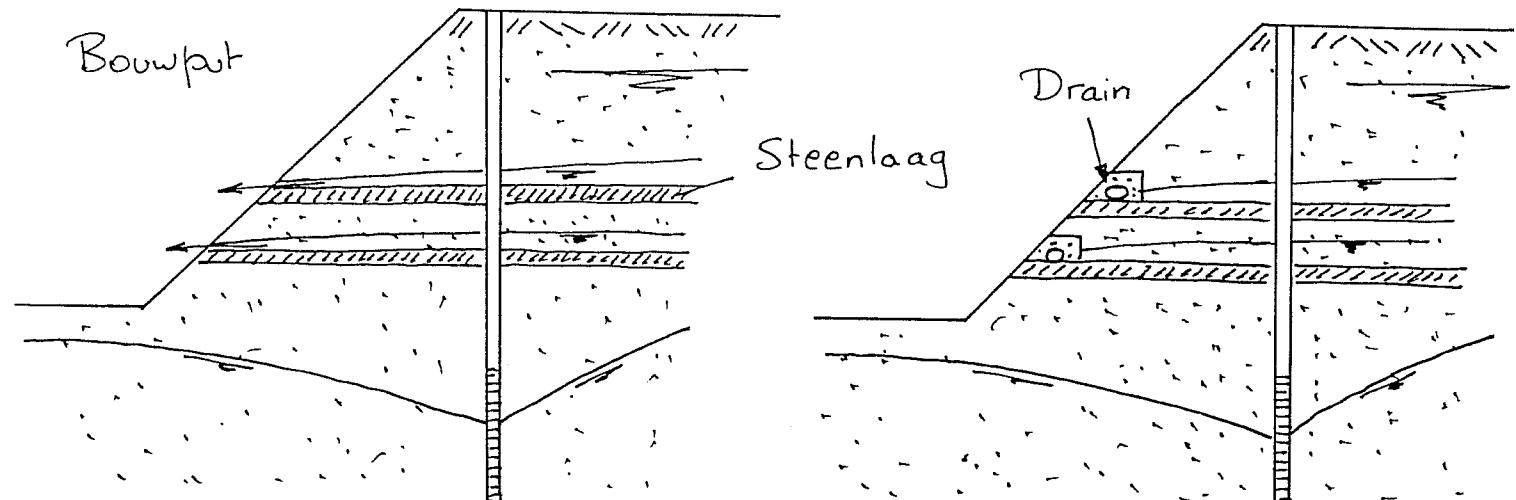
Afmalingslijn  
Homogene grond

Fig. 3.

Bentoniet

Fig. 4

Fig. 5



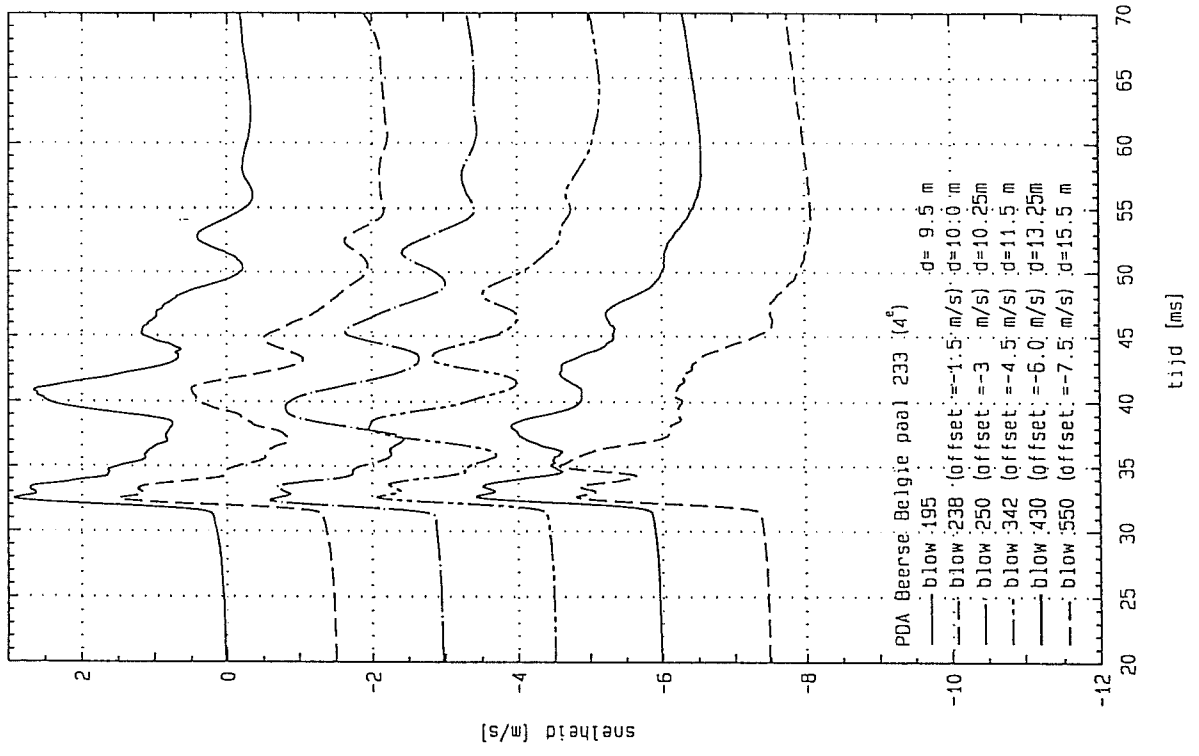


Fig.7

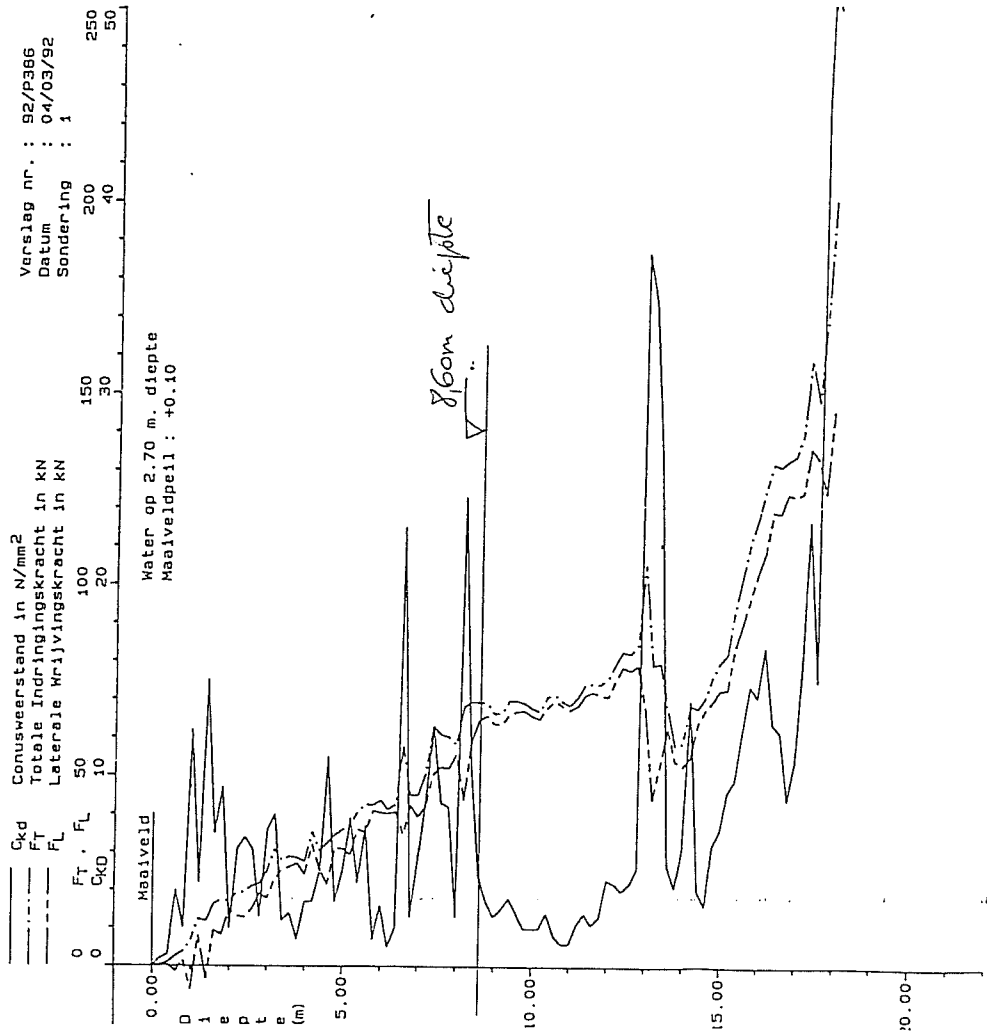


Fig.6

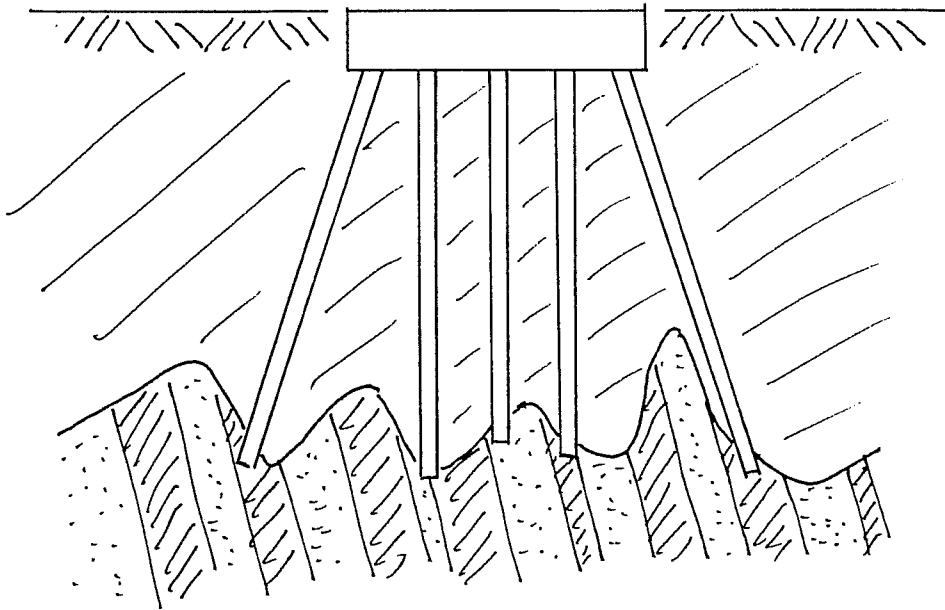


Fig. 8

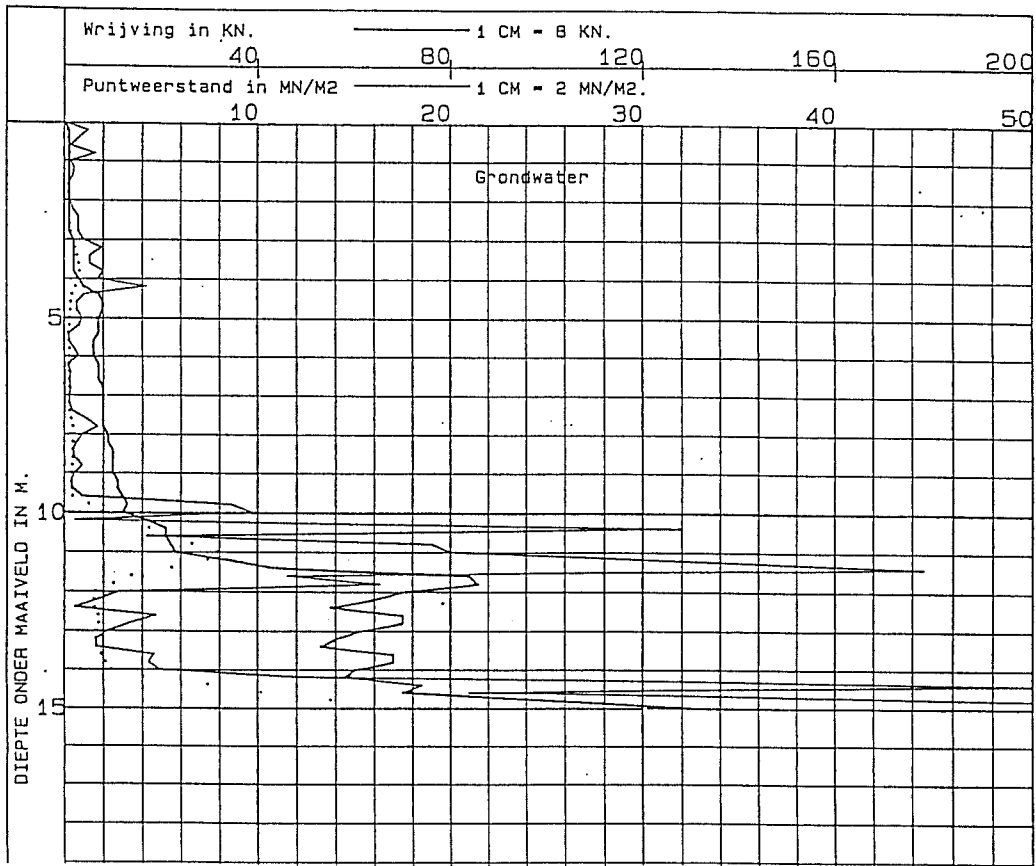


Fig. 9.

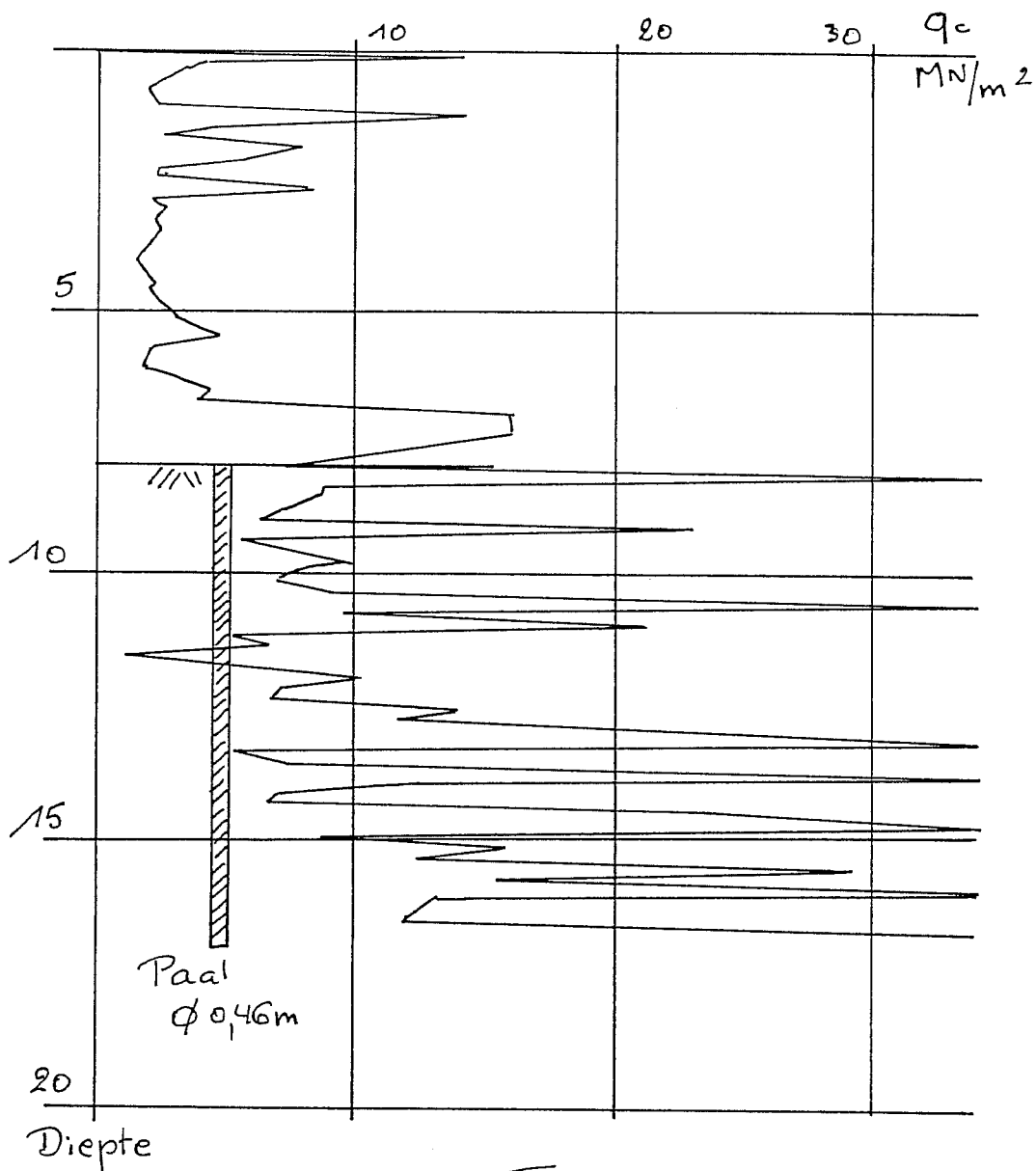


Fig. 10

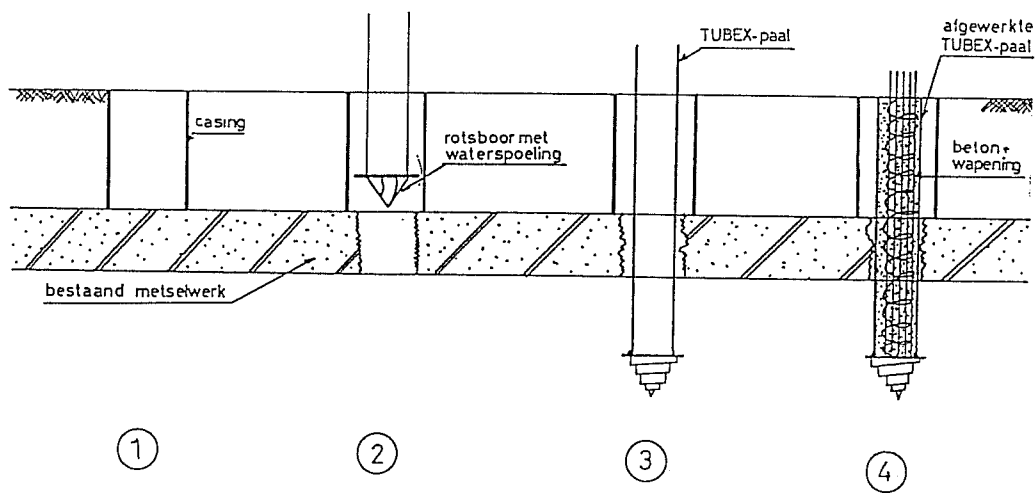
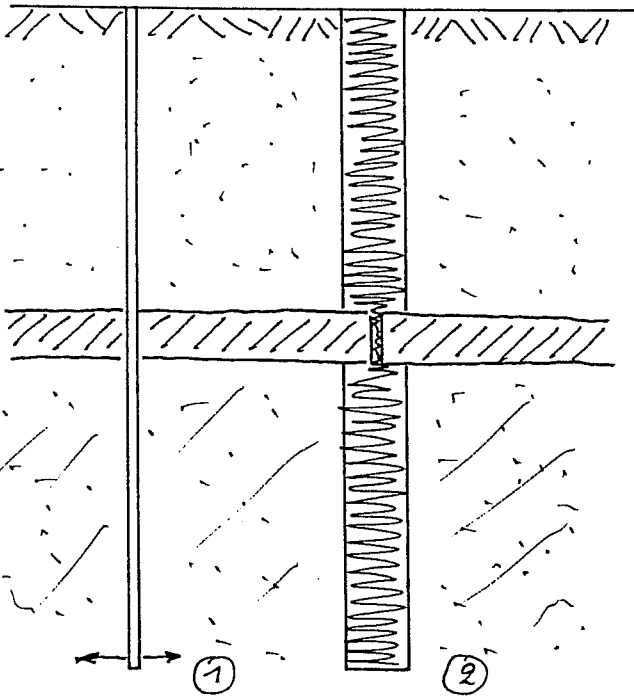
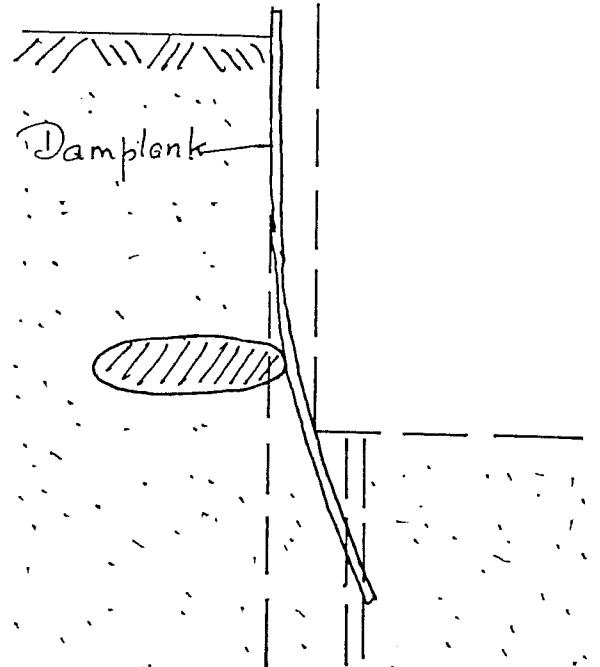


Fig. 11 (Dok. Fundex).



Destruktieve boring      VHP-groutkolom

Fig. 12



--- Theoretische inplanting van de damwand, gebouw, palen.

Fig. 13.

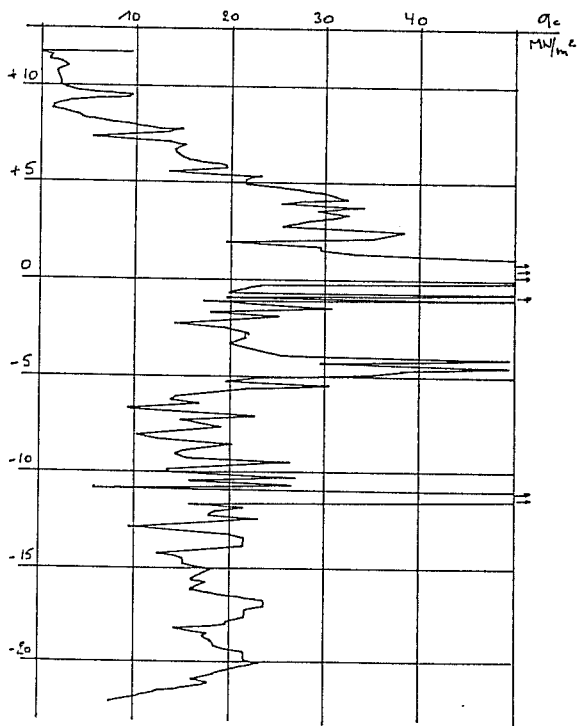


Fig. 14

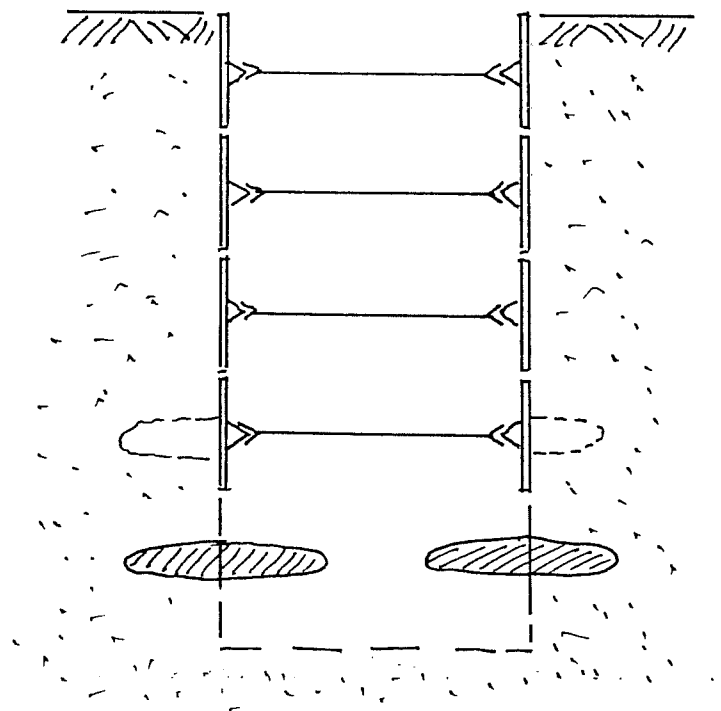


Fig. 15

Uitgraving voor het plaatsen van de damplanken.

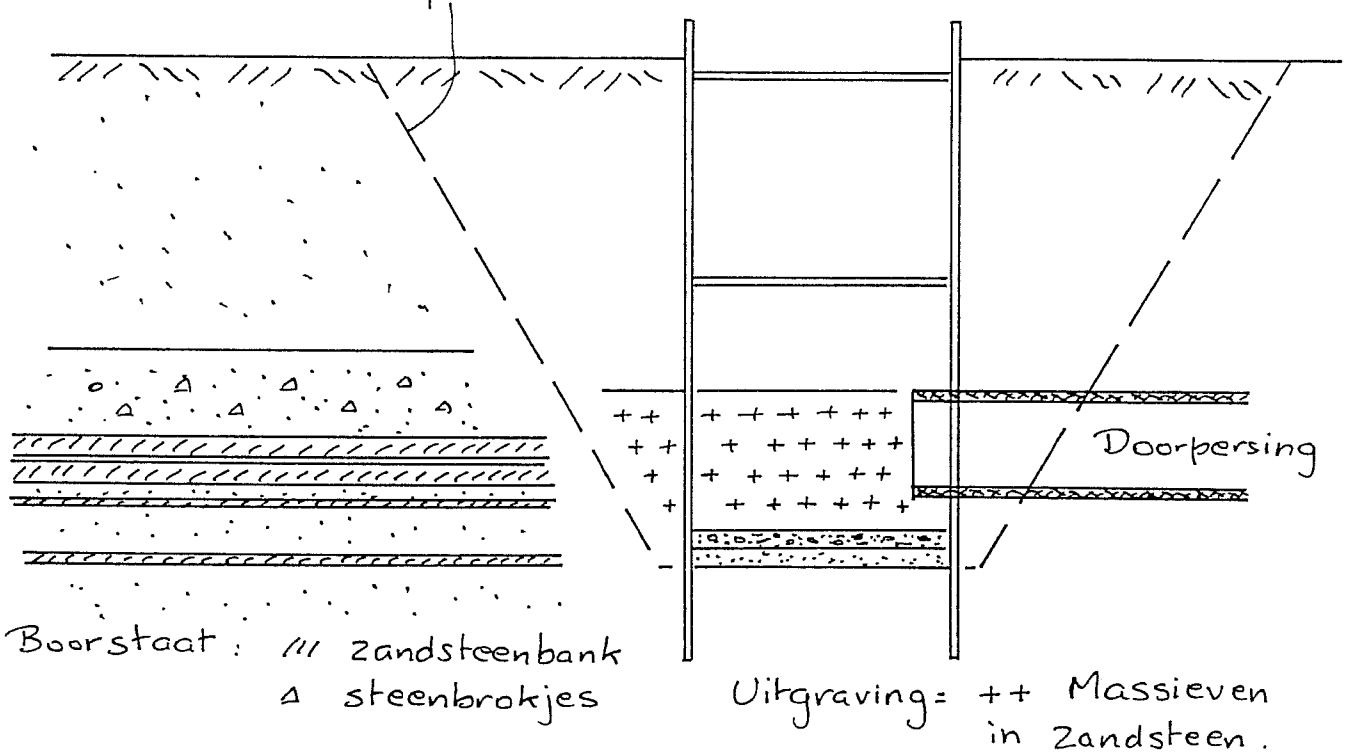


Fig. 16.

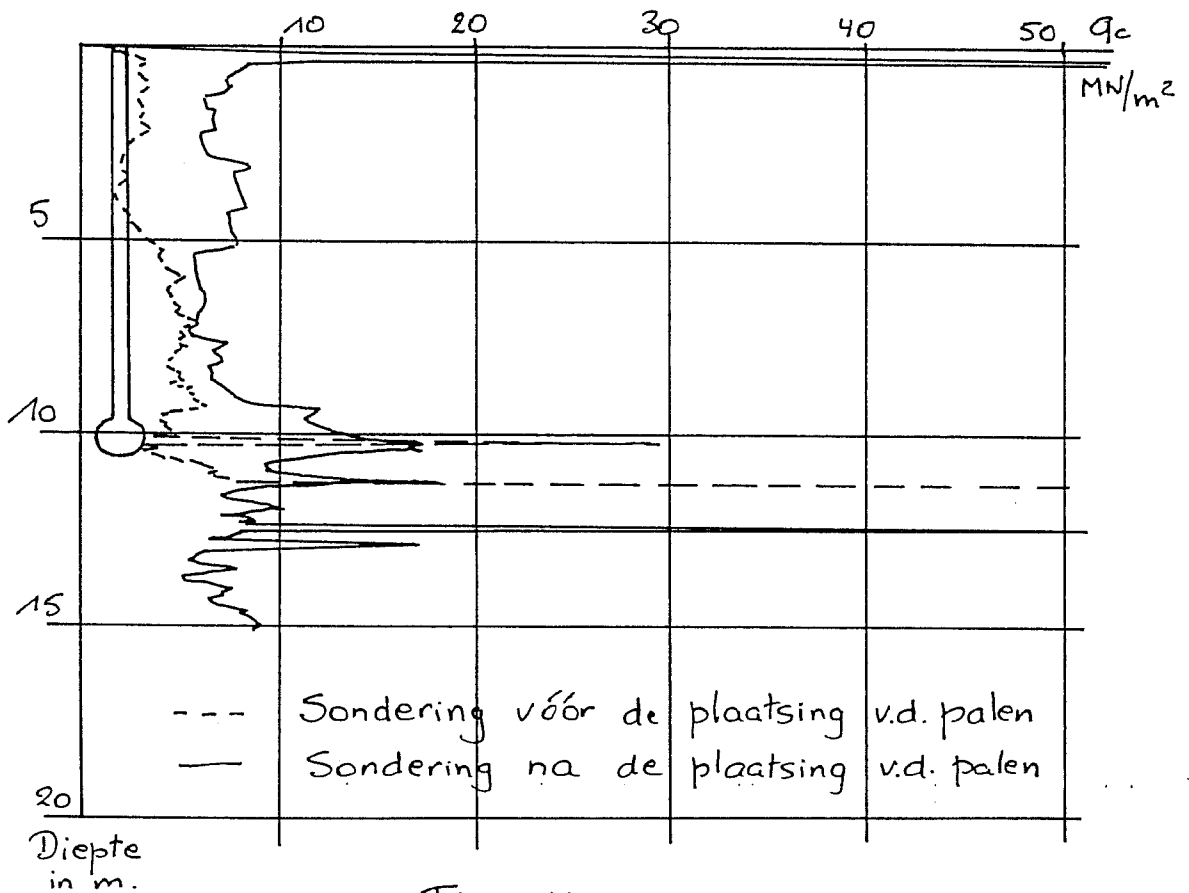


Fig. 17

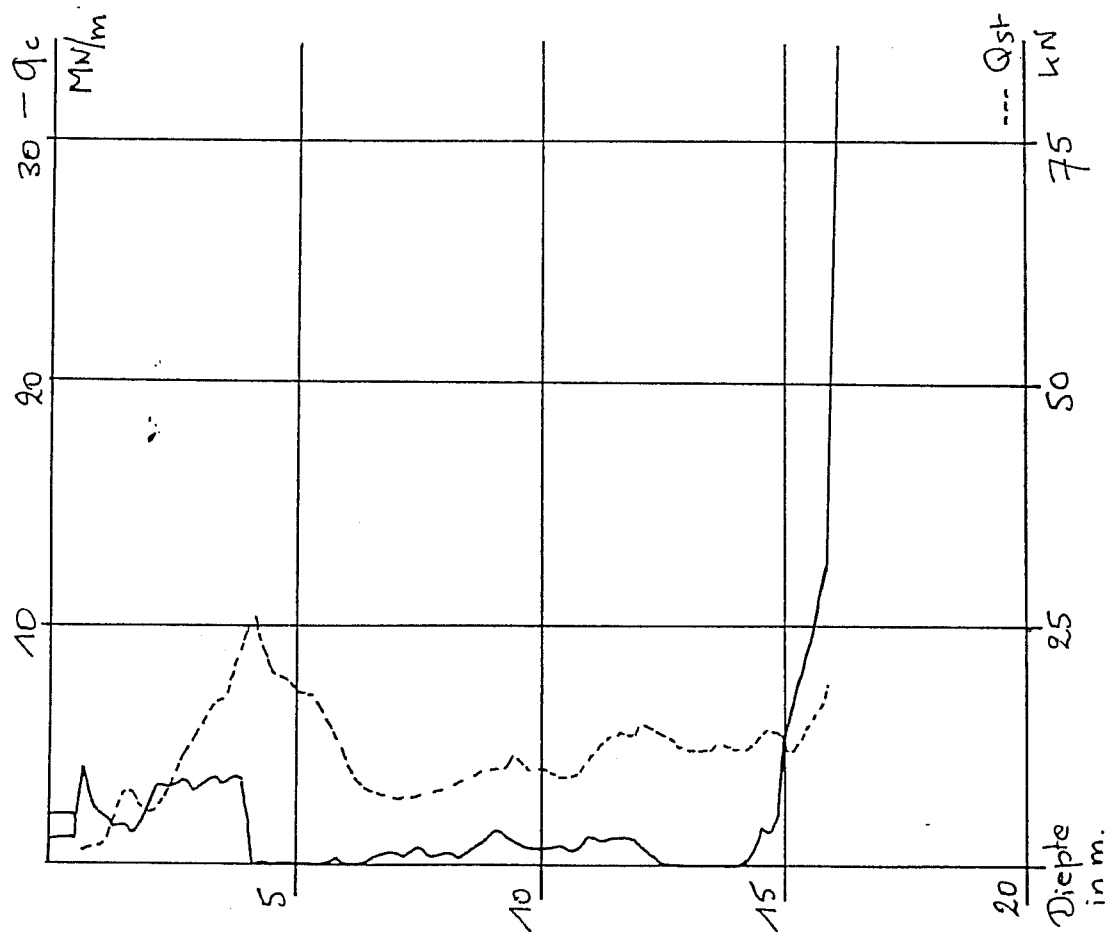


Fig 18a. Sondering t.p.v. een ingestorte galerij

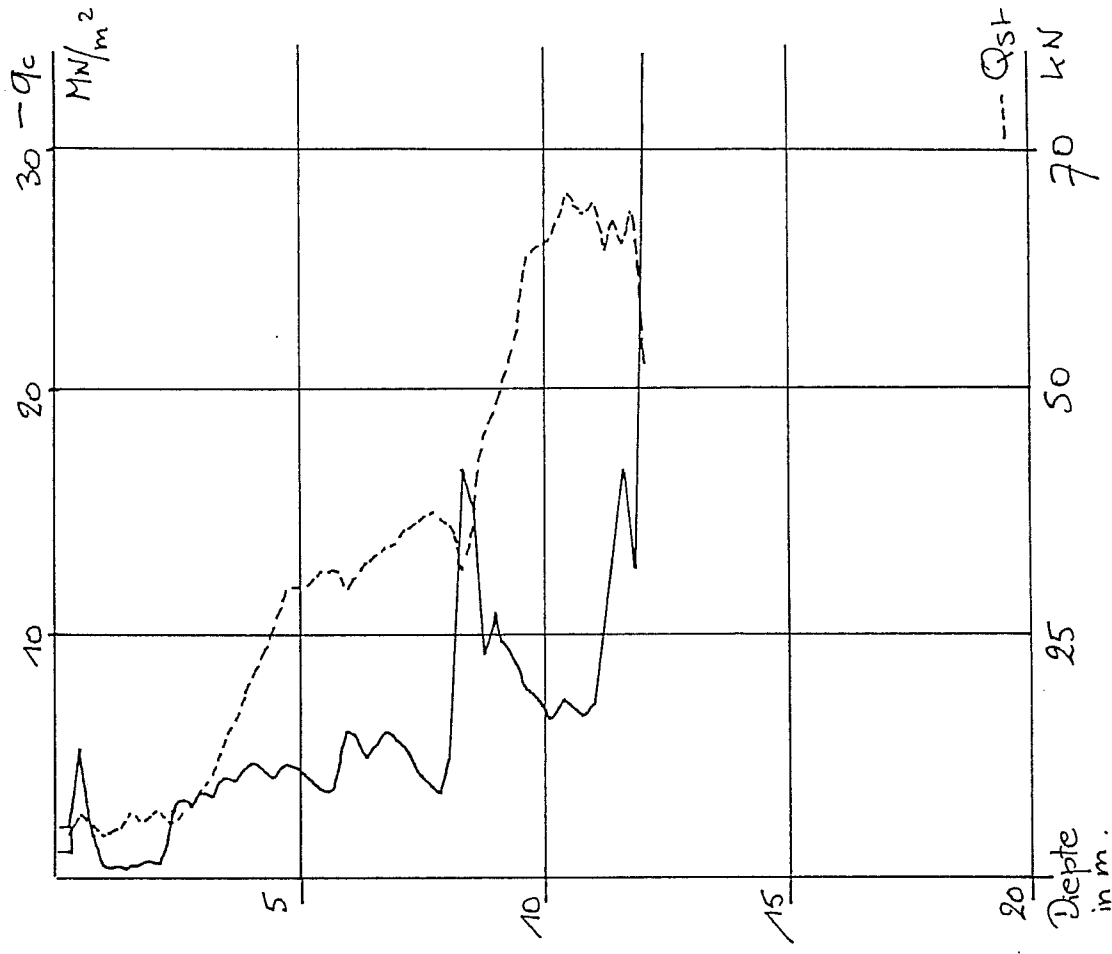


Fig. 18b. Sondering buiten de invloedzone van de ingestorte galerij.